

Lujan David José

"Comparación del aporte nutritivo de *Lotus tenuis* y *Distichlis laxiflora* creciendo en bajos dulces y bajos salinos de la Cuenca del Salado en temporada invernal"



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA

Ingeniería Agronómica

"Comparación del aporte nutritivo de *Lotus tenuis* y *Distichlis laxiflora* creciendo en bajos dulces y bajos salinos de la Cuenca del Salado en la temporada invernal"

Trabajo final de graduación para optar por el título de:

Ingeniero Agrónomo

Alumno: Lujan, David José

Tutores:

Dra. María Elena Vago Ing. PA

Dra. Paula Virginia Fernández

Dr. Oscar Adolfo Ruiz

Fecha de Defensa:



Resumen

La provincia de Buenos Aires concentra el mayor porcentaje de cabezas de bovinos de carne del país. Dentro de esta provincia, una de las áreas de mayor producción de animales de cría bovina es la zona denominada Cuenca del Salado. En esta zona, los mejores suelos, los de mayor producción, son destinados a la agricultura, desplazando a la ganadería a zonas de media loma y marginales como son los ambientes de bajos inundables. Se encuentran tanto bajos dulces como bajos salinos. Dentro de las especies que se pueden desarrollar en estos bajos se destacan *Lotus tenuis* y *Distichlis laxiflora*, por su habilidad de poder establecerse en estos ambientes.

Nuestro objetivo fue evaluar el aporte nutritivo de las especies *Lotus tenuis* y *Distichlis laxiflora* en bajos salinos y dulces de la Cuenca del Salado durante la época invernal, considerando el aporte que puede hacer la especie leguminosa al incorporarse en el bajo dulce por una parte y, por otra parte, observando si se presentaban diferencias en el valor nutritivo que aporta *Distichlis laxiflora* creciendo en un bajo salino a diferencia de la misma especie creciendo en el bajo dulce.

Se pudo observar en las condiciones analizadas que durante el invierno la presencia de la especie *Lotus tenuis* en la zona de bajos dulces aporta menores valores de fibra detergente neutro y ácido, que podrían asociarse a mayores consumos voluntarios y mejores coeficientes de digestibilidad esperables en los animales que pueden consumir ambas especies respecto de aquellos que solamente tienen a disposición el consumo de *Distichlis laxiflora*.

Respecto a la especie *D. laxiflora* creciendo en los bajos salinos y en los dulces, se destaca primero la importancia de la presencia de esta especie forrajera en el bajo salino, ya que es una de las pocas que crece y desarrolla en esos ambientes tan restrictivos. En lo que es a su aporte nutritivo, las plantas de *D. laxiflora* que crecieron en el bajo salino presentaron un contenido similar respecto a materia seca y fibra detergente neutro pero un menor contenido de fibra detergente ácido y un mayor contenido de hemicelulosas, los que podrían asociarse a un mayor coeficiente de digestibilidad al ser pastoreadas.

En función de los resultados encontrados sería muy interesante continuar con la investigación sobre estas dos especies evaluando, por una parte, la digestibilidad *in vitro* o *in vivo* para lograr una estimación más precisa de este parámetro. Por otra parte, ampliando una visión más ecosistémica del ambiente, considerar el aporte que una leguminosa como *Lotus tenuis* podría contribuir con una mejora en el aporte proteico gracias a la nutrición aportada por micorrizas y del nitrógeno del aire por rizobios, generando así, no solo un mayor contenido proteico vegetal sino también aportando nitrógeno al ambiente edáfico. Este tipo de estudios tienden a optimizar el manejo del rodeo con el objetivo de mejorar el valor nutritivo de la oferta forrajera y poder mantener cargas sustentables en el tiempo aún en ambientes edáficos marginales para la agricultura.

Palabras claves: *Lotus tenuis*- *Distichlis laxiflora*- Bajo dulce – Bajo salino– FDN – FDA.

Introducción:

La Argentina es uno de los principales países productores de carnes del mundo. Dentro de la Argentina, la provincia de Buenos Aires es la de mayor superficie y es la que concentra el mayor número de cabezas de bovinos del país. Dentro de la provincia, la zona de la Cuenca del Salado o también llamada Pampa Deprimida, es la región más importante de cría vacuna en el país. Esta región, constituye una vasta región de entre 8 y 12.000.000 de hectáreas que ocupa gran parte del Centro, Este y Sudeste bonaerense -ver Figura 1- (García et al. 2020).

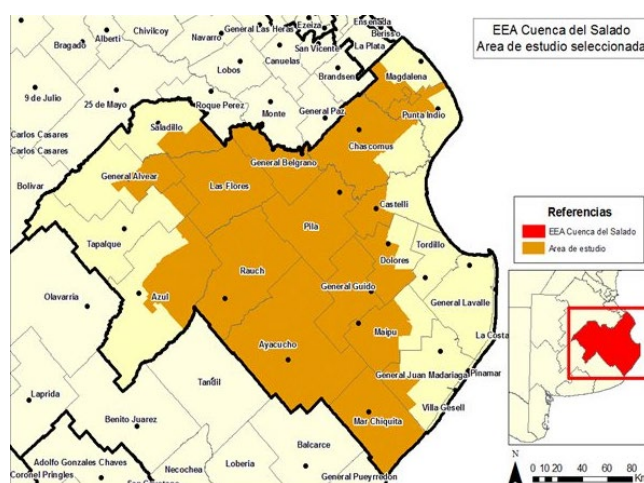


Figura 1: Mapa detallado de la zona denominada Cuenca del Salado o “pampa deprimida”

En esta región, la alimentación bovina se basa principalmente en el pastoreo de especies naturales del pastizal. De acuerdo al tipo de suelos, su capacidad de drenaje, de retención de agua y fertilidad entre otras características, podemos dividir a los suelos en zonas de loma, media loma, bajos dulces y bajos alcalinos. Los suelos salinos-alcalinos pertenecen al orden de los Molisoles siendo los Natracuoles los más abundantes (Matteucci, 2012). Son suelos con escasos nutrientes donde muchas veces alternan periodos de inundaciones y sequías que disminuyen drásticamente su producción. Es principalmente una zona ganadera que ha sufrido el proceso de "agriculturización" en donde los mejores suelos como lomas y medias lomas han sido aprovechados para producciones agrícolas con mayor rentabilidad económica como ser la siembra de soja u otras especies de granos (Caldentey et al. 2012). Esto llevó a movilizar la ganadería de cría a las áreas menos productivas como son los bajos salinos-alcalinos produciendo un mayor efecto de presión de pastoreo en estas zonas marginales.

Zonas de loma y media loma:

Son principalmente zonas con suelos más altos, poco inundables, por lo que mayormente son utilizados para la agricultura donde pueden sembrarse en forma periódica, pero no todos los años, cultivos de soja, sorgo, maíz (en algunos casos), entre otros. En lo que respecta a pasturas se adaptan muy bien la alfalfa (*Medicago sativa*), trébol rojo (*Trifolium pratense*), raigrás perenne (*Lolium perenne*) y pasto ovollo, entre otras (Burkart et al. 1999).



Zonas de bajos dulces:

En los bajos dulces encontramos pastizales que se desarrollan en suelos no salinos ni alcalinos con drenajes deficientes y anegamientos frecuentes. Estas zonas no se cultivan y se mantiene su pastizal natural dominada por pastos de crecimiento estival adaptados para crecer en ambientes inundables, "gramillas de agua o pastos palustres", que prácticamente no tienen producción en el invierno, pero sí alta productividad y buena calidad forrajera el resto del año. Las especies que predominan son el raygrass (*Lolium sp*), trébol blanco (*Trifolium repens*), pasto miel (*Paspalum dilatatum*), canutillo (*Paspalidium paludivagum*), arrocillo (*Leersia hexandra*), flechilla (*Stipa sp*) y Lotus (*Lotus tenuis*) (Burkart et al 1998, Jacobo et al 2012).

Zonas de bajos salinos:

Los bajos salinos son ambientes anegadizos con drenaje impedido donde hay escasa pendiente con severas condiciones de alcalinidad y/o salinidad debido a la alta concentración de sales, con alto contenido de sodio intercambiable que puede llegar a concentraciones tóxicas y con valores de pH de 8 a 10. En estas zonas se mantiene el pastizal natural con pastos predominantemente primavera-estivo-otoñales (PEO) adaptados a la salinidad, que presentan baja productividad, sin crecimiento en invierno. Las especies predominantes son: "pelo de chanco" (*Distichlis sp*), agropiro alargado (*Thynopirum ponticum*) introducido y *Sporobolus pyramidatus*. (Burkart et al. 1999; Castaño 2001; Vignolio & Maceira 1994; Jacobo et al. 2009).

Debido a la importancia que están tomando los suelos bajos debido al mayor uso agrícola en los suelos de loma, decidimos centrarnos en este trabajo en el estudio de dos especies que se destacan en los ambientes marginales bajos: *Lotus tenuis* que es una fabácea y *Distichlis laxiflora* comúnmente denominada "pelo de chanco" que es una poácea.

Características de la especie *Lotus tenuis*:

Lotus tenuis (ex *Lotus glaber*; Kirkbride 2006), es una fabácea (leguminosa) de origen europeo, perenne conocida vulgarmente como Lotus, "trébol pata de pájaro" o "Lotus de hoja angosta", que fue introducida en el país en la década del '30, y posteriormente naturalizada en la región de la Pampa Deprimida (Burkart 1952). Se cree que su introducción en la Argentina se produjo al venir mezclada con otras semillas, o en las heces de animales traídos de Europa, propagándose naturalmente en la Pampa Deprimida debido a su alta capacidad de establecimiento y resiembra natural.

Entre los atributos que ayudaron a su propagación en los pastizales de la Cuenca del Salado, podemos destacar:

- Presenta variabilidad genética, dentro y entre las poblaciones. Esta diversidad podría aumentar su posibilidad de establecimiento en diferentes ambientes.
- De alta plasticidad fenotípica (morfológica y fisiológica) que permite superar diferentes estreses ambientales que puedan ocurrir durante su ciclo de vida.
- Las semillas presentan una gran durabilidad con capacidad de ser impermeables al agua, formando así un banco persistente en el suelo con buena tolerancia al anegamiento.
- Respecto a la tolerancia a la salinidad el principal mecanismo del *Lotus tenuis* para ser tolerante a la salinidad es el control del Na⁺ absorbido por las raíces y su subsecuente

distribución a los diferentes tejidos de la planta, buscando que llegue la menor cantidad posible a las hojas (Plett- Moller 2010).

-Posibilidad de desarrollarse en suelos con un rango de pH entre 4 y 8 (Correa et al. 2001), presentando un eficiente uso del fósforo y sumándole la capacidad de no producir empastes (Strttmater et al. 1994).

Lotus tenuis es una especie de crecimiento primavero-estivo-otoñal (PEO), -ver Figura 2-, con un hábito de crecimiento postrado cuando no tiene competencia por luz, y hábito erecto en caso contrario, cuando presenta competencia con pastizales de mayor altura. (Montes 1988; García et al. 1994; Vignolio et al. 2006). De crecimiento indeterminado, durante la etapa reproductiva pueden encontrarse ejes con primordios florales, umbelas de flores o umbelas de vainas en diferentes estados de maduración y dehiscencia.

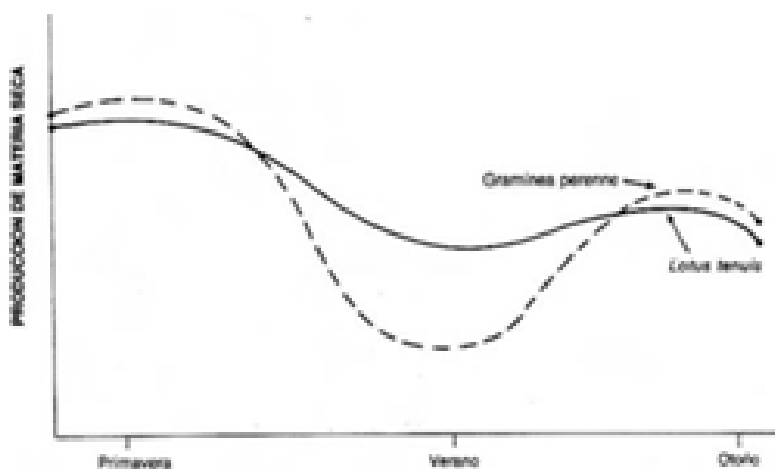


Figura 2: Curva estacional de producción de forraje de *Lotus tenuis*. (Miñón et al.1990)

Se adapta bien a climas templados con temperaturas anuales entre 7°C y 17°C con precipitaciones anuales de 400 mm a 1200 mm (Montes 1988; García et al. 1994). También es capaz de soportar heladas conservando durante el invierno biomasa aérea verde (Montes 1988; Vignolio et al. 2006). También resulta menos afectada por las altas temperaturas estivales que otras leguminosas (Cambareri et al. 2012).

Al igual que todas las leguminosas, *Lotus tenuis* tiene la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico a través de la simbiosis con bacterias, como por ejemplo el *Rhizobium loti* (Miñón et al. 1990), u otros géneros como *Mesorhizobium* y *Bradyrhizobium* (Díaz et al. 2005; Vignolio et al. 2006; Escaray et al. 2012). Esta fijación varía según el fotoperiodo, la frecuencia e intensidad de corte, el cultivar de la especie acompañante en la pastura y la estación del año. Con respecto a esta última variable, se estima que un 35% de la fijación total de nitrógeno se produce en verano-otoño y el 65% restante en invierno-primavera. En condiciones de anegamiento esta especie aún es capaz de fijar nitrógeno, pero en menor cantidad debido a un menor número y tamaño de nódulos en las raíces (Vignolio et al. 2006).

Descripción botánica del *Lotus tenuis*:

Cuenta con un tallo principal que, a partir del primer año, forma una corona con numerosa cantidad de yemas. Presenta una raíz pivotante que ramifica en raíces adventicias (Miñón et al.1990), en los primeros centímetros de suelo donde se forman nódulos producidos por la colonización de bacterias nitrificantes (Vignolio et al. 2006). En comparación con otras leguminosas, la raíz de *L. tenuis*, es más profunda que la del trébol rojo y más ramificada que la de alfalfa (García et al. 1994). Sus hojas son pentafoliadas, donde sus folíolos son lanceolados, principalmente dos en la base del pecíolo y tres en la parte terminal de la hoja (Miñón et al. 1990; Vignolio & Fernández 2006). La floración comienza en primavera y culmina hacia fines del verano. Las flores presentan color amarillo, de pedicelo corto y están dispuestas en umbelas (1 a 6). La mayoría da frutos que producen semillas en un gran número, lo que constituye una ventaja relativa con respecto a otras especies vegetales con las cuales comparte el ambiente edáfico y justifican la persistencia de la leguminosa al asegurar una importante resiembra natural (Miñón et al. 1990; Colabelli et al. 1994; Geretto et al. 2013). El tamaño de las semillas es muy pequeño (1.3 x 1 mm), con un peso de 1000 semillas de 1,2 gramos, -ver Figura 3-. Las semillas muestran un porcentaje de dormición bastante importante ya que presentan un tegumento duro (Montes 1988; Miñón et al. 1990), por lo cual su poder germinativo es bajo, alrededor del 60%. Esta dormición puede ser superada a través de la escarificación y/o por bajas temperaturas (Miñón et al. 1990).

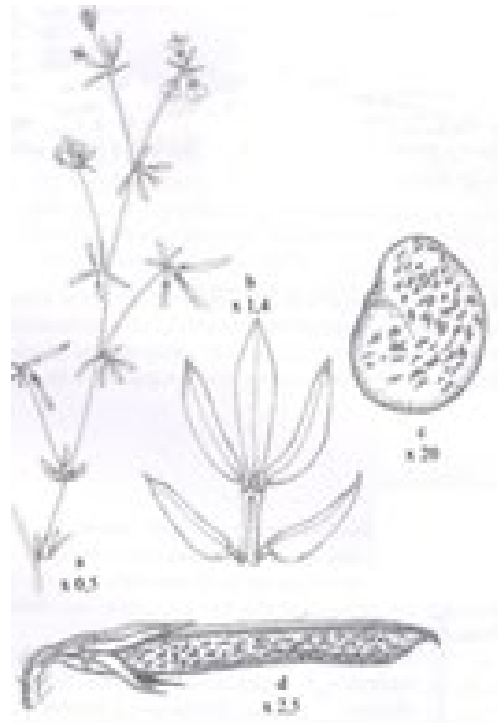


Figura 3: Ilustración botánica de *Lotus tenuis*. (a) rama en estado reproductivo; (b) hoja; (c) semilla; (d) fruto (De Battista, 2005).



Por sus características mencionadas, *Lotus tenuis* es una de las únicas fabáceas que puede crecer y subsistir en suelos bajos con presencia de sales y drenaje dificultoso. Esto es importante porque las leguminosas presentan mayor digestibilidad que las gramíneas, con un alto contenido de proteínas y mantienen en gran medida su digestibilidad a lo largo de su ciclo de crecimiento, presentando valores entre 65-70%. En lo que respecta a proteína bruta, presenta valores entre 20- 22% de la materia seca (MS) pudiendo mantener estos valores aun en condiciones de estrés tanto en sequía como inundación. (Andrés & Rosso, 2007; Criado, 2014; Vignolio et al., 2013; Vago et al. 2019).

Características de la especie *Distichlis*:

Distichlis es una especie de plantas perennes, denominadas “carbono4” (C4), que pertenece a la familia de las Poáceas. Esta gramínea se encuentra muy extendida en nuestro país, y es frecuente encontrarla en las provincias de Buenos Aires, Catamarca, Chaco, Chubut, Córdoba, Corrientes, Entre Ríos, Jujuy, La Pampa, La Rioja, Mendoza, Neuquén, Rio Negro, Salta, San Juan, San Luis, Santa Cruz, Santa Fe y Tucumán.

Distichlis, cuyo nombre vulgar es “pasto salado o pelo de chancho”, se encuentra principalmente en suelos con alto contenido de sales, pudiendo persistir en elevadas sierras y montañas hasta la orilla del mar (Hansen et al., 1976; Nicora et al. 1978).

El “pasto salado” presenta estructuras morfo-anatómicas que son adaptaciones funcionales capaces de explicar su capacidad de crecimiento en condiciones muy desfavorables para otras plantas. Las características principales de esta especie son:

- presencia de rizomas fuertes y largos que facilitan el transporte de gases, agua y nutrientes, de los que brotan los tallos aéreos.
- estomas cubiertos por protrusiones de las células oclusivas y por papilas, estructuras que ayudan a controlar la evapotranspiración.
- presentan tricomas con glándulas de sal que participan en la regulación del equilibrio osmótico mediante la excreción de Na y K (Sánchez et al, 1986).

Las plantas que crecen en ambientes salinos adversos soportan por una parte un estrés hiperosmótico causado por la reducción de potencial agua y que consecuentemente reduce la disponibilidad de agua para la planta (Munns 1993; Munns 2008) y por otra parte un estrés hiperiónico, que está relacionado con la toxicidad producida por la acumulación de iones en distintos tejidos del vegetal.

Son plantas halófitas con capacidad de adaptarse a vivir en medios con altas concentración de sales, donde ponen en funcionamiento distintos mecanismos para poder capturar esas sales en distintos tejidos vegetales (rizomas, tallos y micropelos que excretan sales) (Pearlstein et al. 2012) para que pueda continuar el transporte de agua dentro de la planta y no verse afectada la fotosíntesis.

Distichlis laxiflora es una especie forrajera fibrosa, con baja digestibilidad. Se encontró que, en la Patagonia, si bien la digestibilidad del “pasto salado” es menor que la de algunas otras gramíneas patagónicas, su contenido proteico es comparativamente alto, sobre todo en verano (Somlo et al. 1994). Al rebrotar aumenta considerablemente su contenido de proteína cruda manteniendo su contenido de fibra.

Descripción botánica de *Distichlis laxiflora*

Es una planta de ciclo perenne con emergencia y brotación en primavera. De ciclo primavera, estivo otoñal (PEO). Esta gramínea (Poácea), presenta hojas dísticas, con vaina ciliada y lámina tiesa. La panoja está compuesta por alrededor 3 a 5 espiguillas. Las espiguillas tienen una longitud de 8 a 10 mm y 2 a 5 mm de ancho. Presenta un hábito de crecimiento aéreo con rizomas que ayudan a su supervivencia en suelos salinos y además la ayudan a su propagación. Su fruto es un cariopse, -ver Figura 4- (INTA - Red de Información Agropecuaria Nacional).

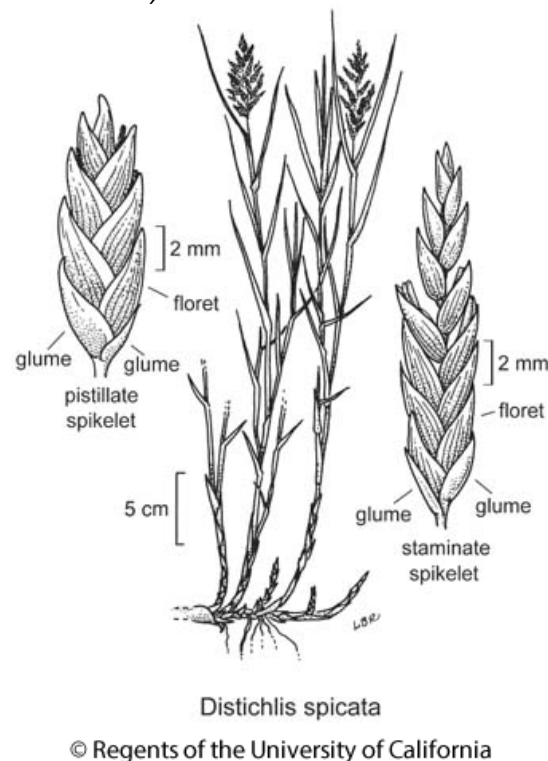


Figura 4: Ilustración botánica de *Distichlis* sp. Jepsun Herbarium University of California, Berkeley (Bell 2012).

Distichlis como fuente de alimento:

La alimentación de los bovinos de cría en la zona de la Cuenca del Salado se basa mayoritariamente en el pastoreo de los pastizales naturales. Los rumiantes gracias a la presencia de los microorganismos ruminales pueden degradar tanto el contenido celular como los polisacáridos de las paredes celulares vegetales y obtener energía a partir de ellos. Los microorganismos ruminales serán quienes degraden los tejidos vegetales obteniendo así energía, compuestos nitrogenados y los nutrientes necesarios para su subsistencia y multiplicación. Dicho proceso permite la síntesis de proteína microbiana y la liberación de ácidos grasos volátiles (a nivel ruminal), que pasan a la circulación sanguínea



y puede utilizar el rumiante como fuente de energía o para la síntesis de otros bioproductos (grasa, proteína, etc.). También el rumiante aprovechará la proteína microbiana sintetizada al degradar los cuerpos microbianos a nivel del intestino delgado obteniendo así los aminoácidos esenciales para su mantenimiento y para la producción de un ternero y la leche necesaria para su crianza (Vago 2019). El valor nutritivo de los pastizales naturales se ve afectado por la composición química de sus paredes celulares.

Paredes celulares vegetales:

Las paredes celulares vegetales se encuentran formadas por polisacáridos estructurales: celulosa, hemicelulosas y pectinas que se presentan en diferentes proporciones y con diferentes interacciones entre sí, dando lugar a una red tridimensional muy compleja que interactúa con lignina y se halla embebida con diferentes proporciones de agua. Su estructura varía según el tejido y edad de la planta y especie, así como por factores ambientales (Braidwood et al. 2013). Químicamente las paredes celulares de las gramíneas y de las leguminosas son diferentes. Las gramíneas o poáceas presentan mayor contenido de hemicelulosas (y éstas son de diferente tipo, predominando los arabinoxilanos) y menor contenido de pectinas que las leguminosas. En las gramíneas se produce una esterificación de la lignina con los arabinoxilanos, mientras que en las leguminosas ocurre solo con los residuos de arabinosa y galactosa y no con los xiloglucanos, que son las hemicelulosas principales, provocando así una menor tasa de degradación de las paredes celulares de las gramíneas. Además, la lignina en las leguminosas está concentrada en el anillo xilemático, mientras que en las gramíneas se distribuye en todos los tipos celulares, lo que conlleva a mayores tasas de digestión de las paredes celulares de las leguminosas (Wilson & Hatfield 1997).

Las plantas retardan su crecimiento y su productividad cuando se ven afectadas por situaciones desfavorables para su desarrollo como ser distintos tipos de estreses: inundación, salinidad, alcalinidad, sequía. Para resistir estas adversidades las plantas han desarrollado estrategias anatómicas y químicas (Striker et al. 2011; Obata 2012; Krauss et al. 2014). Parte de esos mecanismos de resistencia involucran a sus paredes celulares que dentro de sus funciones le dan a la planta, forma, sostén, rigidez, resistencia mecánica y protección frente a patógenos y adversidades del medio ambiente (Somerville et al. 2004, Kesten et al. 2017). También, la cantidad, composición y estructura de las paredes celulares afectará el consumo de los animales rumiantes en pastoreo y la digestibilidad total del material consumido (Ramírez Orduña et al. 2002; Van Soest 2018; Mc Donald 2006).

En animales en pastoreo, los polisacáridos de las paredes celulares vegetales aportan entre el 30 y el 40% de la energía digestible consumida (Ramírez Orduña et al. 2002; Mc Donald 2006). Las plantas que aporten mayor proporción de hidratos de carbono solubles (contenido celular) y menor proporción de polisacáridos de pared tendrán mayor digestibilidad y presentarán más energía disponible. Por otra parte, la composición de las paredes celulares y la interacción entre sus componentes también afectará el consumo voluntario y la digestibilidad, siendo las pectinas las más digestibles, después las hemicelulosas, y luego la celulosa impactando en todas ellas la relación con la lignina que inhibirá su aprovechamiento (Jung y Vogel 1986). Estudios recientes sugieren que las condiciones de estrés, tanto biótico, como abiótico podrían modificar la composición química de la pared celular (Hématy et al. 2009; Fangel et al. 2012; Le Gall et al. 2015; Vago et al. 2019).



El mantenimiento y la producción de los rumiantes en pastoreo depende de la calidad y cantidad del alimento consumido y del grado de aprovechamiento de éste. La evaluación del valor nutricional de los forrajes utilizados en pastoreo puede realizarse por métodos que evalúan la composición química en el laboratorio. El método más comúnmente utilizado por los productores y asesores nutricionistas para el armado de las rotaciones y de dietas en los establecimientos ganaderos es el sistema de detergentes de Van Soest (Van Soest 1994; Mc Donald 2002). Es un método relativamente rápido y sencillo que se utiliza para determinar la matriz insoluble de la pared celular y estimar sus componentes. Implica un fraccionamiento utilizando detergentes. Primero las muestras son tratadas con una solución detergente neutra basada en sulfato láurico de sodio y ácido etilendiamino tetracético, solubilizando así el contenido celular compuesto por almidón, azúcares, ácidos orgánicos, proteínas solubles, lípidos y nitrógeno no proteico, y también las pectinas que corresponden a la pared celular pero que al igual que el resto de las sustancias extraídas, son rápidamente aprovechadas por los microorganismos ruminales. Se obtiene así, un residuo denominado fibra detergente neutro (FDN) compuesto por los materiales más insolubles de la pared celular. Este residuo luego es tratado con una solución detergente ácida de ácido sulfúrico y bromuro de cetiltrimetilamonio que solubiliza a las hemicelulosas obteniendo un residuo de celulosa, lignina, proteína insoluble y algunos minerales (sílice) denominado fibra detergente ácido (FDA). Se puede seguir fraccionando este residuo con una extracción posterior con ácido sulfúrico concentrado que solubiliza a la celulosa dejando un residuo de lignina (Lig/FDA). Como se destacó anteriormente existe una correlación negativa entre la proporción de la pared celular de las forrajeras (porcentaje de FDN) y el consumo voluntario de los rumiantes, y del mismo modo existe una correlación negativa entre el porcentaje de FDA y la digestibilidad, o sea la cantidad del alimento que será aprovechado dentro del tracto digestivo del animal.

También las especies que componen el pastizal están sujetas a distintos efectos como pueden ser: sobrepastoreo, inundaciones y erosiones. El pastoreo promueve una reducción del tamaño de los pastos, modifica la composición botánica y también promueve una cierta invasión de malezas al ambiente (Sala et al 1986;1988) produciendo así un cambio en la estructura y calidad nutricional de las especies (Siffredi et al 1981).

Varias publicaciones muestran resultados experimentales sobre la respuesta de distintas especies forrajeras frente al estrés salino. Estos revelan que el estrés salino no solo disminuye significativamente el crecimiento y la biomasa de las plantas, sino que también produce reducción o alteraciones en el contenido de FDN y FDA (Ben-Ghedalia et al. 2001; Vago et al. 2019). Se debe tener en cuenta que el valor nutritivo de las especies vegetales también va variando a lo largo de su ciclo de crecimiento presentando variaciones estacionales en su disponibilidad que afectan la preferencia y el rendimiento (conversión) de los animales en pastoreo.

Tomando estos temas descriptos en consideración se decidió trabajar con *Lotus tenuis*, como una leguminosa (fabácea), y *Distichlis laxiflora*, como una gramínea (poácea) que presentan buenas adaptaciones a los suelos bajos con diferentes características, para evaluar si se observaban cambios en su composición química según la época del año y su sitio de crecimiento.

Objetivos:

Objetivo principal:

-Evaluar el aporte nutritivo de las especies clave *Lotus tenuis* y *Distichlis laxiflora* en bajos salinos y dulces de la Cuenca del Salado en la época invernal.

Objetivos secundarios:

-Comparar las similitudes y diferencias en el aporte nutricional de *Lotus tenuis* y *Distichlis laxiflora* en bajos dulces durante el invierno.

-Comparar las similitudes y diferencias en el aporte nutricional de *Distichlis laxiflora* creciendo en bajos dulces y en bajos salinos en el invierno.

Hipótesis:

1-El aporte nutricional de *Lotus tenuis* será significativamente mejor que el de *Distichlis laxiflora*, en los bajos dulces durante el invierno, observándose menores contenidos de FDN, FDA y hemicelulosas que podrían estar asociados a un mejor consumo y digestibilidad.

2-*Distichlis laxiflora* creciendo en bajos dulces presentará menor contenido de FDN y FDA asociado a un mayor consumo y digestibilidad respecto a la misma especie creciendo en el bajo salino.

Materiales y métodos:

El 27 de agosto de 2021 se tomaron muestras de *Lotus tenuis* y *Distichlis laxiflora* en el predio de INTECH (Instituto Tecnológico de Chascomús, CONICET-UNSAM) ubicado en la ciudad de Chascomús en la provincia de Buenos Aires. Se tomaron tres muestras de cada especie presente al azar en dos sitios previamente caracterizados como: bajo dulce (sitio 2) (35°38'31" S, 57°57'58" W) donde se obtuvieron muestras de ambas especies y bajo salino (denominado sitio 1) (35°32'26" S, 56°00'24" W) donde se encontraron solamente ejemplares de *Distichlis laxiflora* (ver Figura 5 y 6).



Figura 5: Imagen satelital del campo en el sitio de muestreos (INTECH, Chascomús).



Figura 6: Materiales para la toma de muestras y equipos utilizados para la toma de datos de conductividad

El material recolectado fue embolsado, rotulado y transportado para su análisis al Laboratorio de evaluación de alimentos para uso animal (LEAA) de la UCA. En el lugar se tomaron también mediciones de conductividad del suelo y se colectaron muestras de suelo para caracterizar correctamente cada sitio (ver Figura 7 y 8).



Figura 7: Toma de muestras en el bajo dulce

Para realizar la determinación de materia seca, el material de cada especie fue limpiado, separado y colocado en bandejas metálicas previamente pesadas. Luego se colocó en una estufa a aire forzado a 65°C hasta peso constante (ver Figura 8 y 9).



Figura 8: Material recolectado en bandejas para determinar la cantidad de materia seca.



Figura 9: Carga de datos en las planillas de materia seca.

Una vez obtenido el porcentaje de materia seca, las muestras fueron molidas en un molino tipo Willey a 2mm para poder realizar los análisis químicos. Ese material molido fue colocado en tubos de vidrio en una estufa a 65°C previo a los análisis (ver Figura 10).



Figura 10: Molienda del material en molino Willey de 2mm.

Para evaluar el valor nutricional de *Lotus tenuis* y *Distichlis* y de acuerdo a lo presentado en la introducción, se utilizó para su evaluación, el sistema de detergentes de Van Soest (Van Soest 1994; Mc Donald 2002). Utilizando las muestras secas y molidas se realizaron las determinaciones de fibra detergente neutro (FDN) y de fibra detergente ácido (FDA) por el método de Van Soest (Ankom Technology) de manera secuencial (Van Soest et al., 1991). Primero, se tomaron 0.5 g de muestra y se los colocó en una bolsita filtrante (F57) previamente rotulada que fue sellada por calor. Posteriormente esa bolsita fue sometida al baño con la solución de detergente neutro y de la enzima alfa-amilasa, por un tiempo de una hora y quince minutos (ver Figura 11, 12).



Figura 11: Equipo Ankom, utilizado para hacer los análisis del sistema de detergentes de Van Soest.



Figura 12: Bolsas filtrantes con material luego del baño con solución detergente neutro.

Al cumplirse el tiempo establecido, terminado el paso anterior se realizaron tres lavados con agua destilada caliente donde en dos de ellos se utilizó alfa-amilasa. Al terminar se realizó un baño con acetona (ver Figura13) y se llevaron las muestras a una estufa a 65°C hasta llegar a un peso constante.

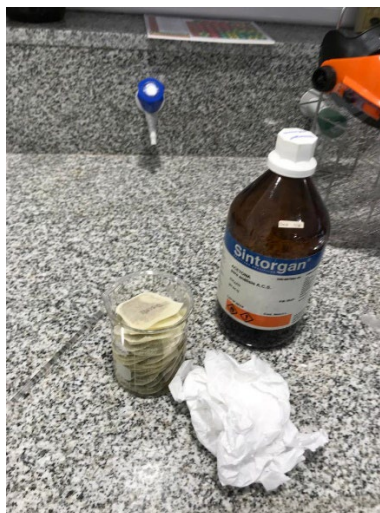


Figura 13: Baño final de acetona, previo secado

Luego de pesar las bolsas secas obteniendo el porcentaje de fibra detergente neutro, se realizó un nuevo lavado con una solución de detergente ácido durante una hora. Al terminar, se volvieron a lavar las bolsas con agua destilada caliente y se llevaron a estufa a 65°C hasta peso constante (ver Figura 14).



Figura 14: Material en proceso luego del lavado con solución detergente ácida

De este modo se obtuvo el porcentaje de fibra detergente ácido. El porcentaje de hemicelulosas se obtuvo restando al %FDN el %FDA de acuerdo con el método de Van Soest.

Se utilizaron dos ecuaciones para predecir la digestibilidad de estas especies (Van Soest 2018):

Para *Distichlis* se utilizó la ecuación para pasturas de gramíneas: Digestibilidad (%) = $103,2 - 0,99 * \%FDA$

Para el caso de *Lotus* se utilizó la fórmula en base a alfalfa: Digestibilidad (%) = $88,9 - 0,779 * \%FDA$

Para el análisis estadístico de los datos obtenidos se utilizó el programa INFOSTAT

. Para dicho análisis se utilizaron los siguientes métodos:

- Análisis de varianza (ANOVA).
- Shapiro Wilks (normalidad).
- LSD Fisher (diferencias significativas).

Resultados y discusión:

Cuando se tomaron las muestras de las especies para el estudio en invierno se observó que no se encontraron ejemplares de *Lotus tenuis* en el bajo salino denominado sitio 1. Esto podría deberse a restricciones del ambiente, como ser la estructura de suelo, pH y salinidad y/o alcalinidad, y a la época en donde fue tomada la muestra donde las temperaturas eran bajas.

En función de los resultados de los análisis químicos efectuados, se presenta a continuación la figura 15 en donde se observan en porcentajes los datos de materia seca (MS), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido y hemicelulosas de *Lotus tenuis* y *Distichlis laxiflora* creciendo en el bajo dulce durante el invierno. (Ver Figura 15):

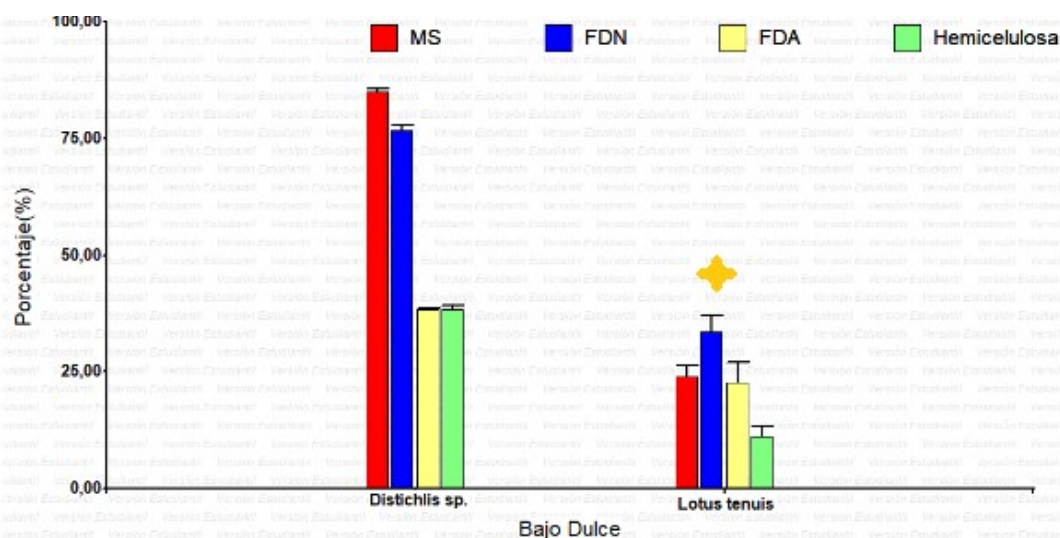


Figura15: Composición química de *Lotus tenuis* y *Distichlis laxiflora* creciendo en el bajo dulce durante el invierno respecto a su porcentaje de materia seca (MS), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y hemicelulosa. Barras T ubicadas por encima de cada barra vertical representan el EE. El símbolo + indica diferencias significativas ($p < 0,05$).

Se encontraron diferencias significativas entre las dos especies y como se puede observar en la figura 15, *D. laxiflora* presenta valores más elevados para todos los parámetros analizados.

Respecto al contenido de materia seca, *D. laxiflora* cuadruplicó los valores encontrados para *Lotus*, media: 84.92 y 24.07, respectivamente EE 1.01 ($p < 0.0001$), para las muestras analizadas. En trabajos anteriores realizados con muestras tomadas en otoño, se



encontraron valores ligeramente menores en el contenido de materia seca de *Lotus* (20.37%) e inferiores para *D. laxiflora* (contenido 38.7% menor) (Rodríguez Molle 2022), posiblemente debido a un rebrote de otoño siendo esta una especie primavera-estivo-otoñal.

Respecto al contenido de fibra detergente neutro (FDN), *D. laxiflora* presentó mayor cantidad de FDN con una media de 76,68% comparado al *Lotus* que presentó un 33,63% (43% menos) para este set de muestras ($p < 0.0001$). Estos valores son similares a los encontrados por Rodríguez Molle durante el otoño en el mismo ambiente para *Distichlis* (media: 75.10%) y superiores para *Lotus tenuis* (media: 26.93%) (Rodríguez Molle 2022).

Es sabido que un mayor contenido de FDN determinará un llenado ruminal más rápido y posiblemente una marcada disminución en el consumo voluntario de *D. laxiflora* respecto a *Lotus tenuis* (Mc Donald 2006).

En relación con el contenido de FDA, *Lotus* presentó una media de 22.60% y *D. laxiflora* una media de 38.36% con un EE 1.60 ($p = 0.0022$), presentado *Lotus* un poco menos de la mitad de FDA. En cambio, durante el otoño los valores encontrados fueron menores, pero manteniéndose la tendencia cercana al doble del valor entre ambas especies *Lotus* (media FDA: 15%) y *Distichlis* (media FDA: 32%) (Rodríguez Molle 2022).

El contenido de FDA se relaciona con la digestibilidad del alimento, y un mayor contenido de FDA permitiría suponer un menor coeficiente de digestibilidad. Por esto se decidió estimar el coeficiente de digestibilidad de estas dos especies utilizando las siguientes ecuaciones:

Con respecto a *Lotus* la digestibilidad fue estimada según la fórmula de digestibilidad propuesta por Van Soest (2018): $\text{Digestibilidad (\%)} = 88.9 - 0.779 * \% \text{FDA}$, dando un resultado de 71,30% de digestibilidad.

Si lo relacionamos con el parámetro de digestibilidad informado por Criado y Miñón, coincidió con los resultados presentados en otras publicaciones en donde se observó que la digestibilidad promedio de *Lotus tenuis* se encuentra en valores cercanos al 75% (Criado, 2014; Miñón et al., 1990).

Para *Distichlis* también se estimó la digestibilidad tomando como referencia la fórmula de Moore (Undersander 2015) calculada para gramíneas en donde $\text{Digestibilidad (\%)} = 103,2 - 0,99 * \% \text{FDA}$ dando un resultado de 65,23 % de digestibilidad. Un valor similar a lo encontrado en bibliografía. El valor encontrado en *D. laxiflora* es menor en comparación al estimado para *Lotus* lo cual era esperable ya que presenta un mayor porcentaje de FDA que se relaciona en forma inversa con la digestibilidad (Mc Donald 2006). Sin embargo, se esperaba encontrar menores coeficientes de digestibilidad para esta especie, similares a los reportados para *D. spicata* (Hidalgo et al 1988).

Respecto al contenido de hemicelulosas, de acuerdo con lo presentado en la introducción las gramíneas son ricas en hemicelulosas, mientras que las leguminosas presentan un menor contenido de hemicelulosas y un mayor contenido de pectinas fácilmente digestibles, por lo que se esperaba encontrar diferencias significativas. De acuerdo a los resultados obtenidos observamos que *Distichlis* presentó casi tres veces más cantidad de hemicelulosas (media 38.32) respecto al *Lotus* (media: 11.03) como era esperable. Por otra parte, *Lotus tenuis*, que presenta un contenido más alto de pectinas al ser una leguminosa, explicaría también el bajo valor encontrado en FDN ya que las pectinas quedan

en la fracción soluble, aunque se deberían realizar determinaciones químicas más específicas para su análisis

A continuación, en la Figura 16 se presentan los resultados obtenidos para los análisis de las muestras de *Distichlis* creciendo en el bajo salino y en el bajo dulce respecto a materia seca, fibra detergente neutro y fibra detergente ácido.

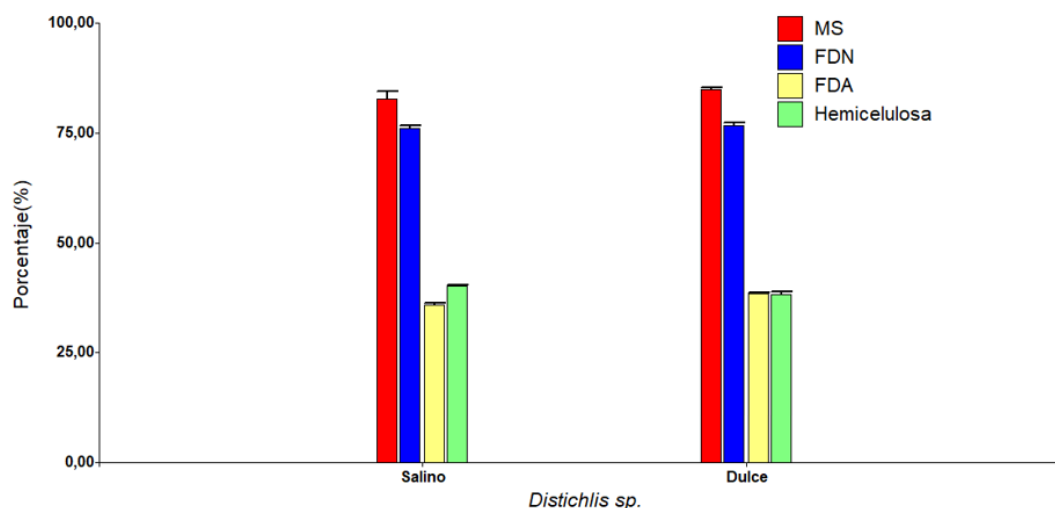


Figura 16: Porcentaje de materia seca (MS), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido y hemicelulosas de *Distichlis* en sitio 1(bajo salino) y sitio 2(bajo dulce) en temporada invernal. Barras T ubicadas por encima de cada barra vertical representan el EE. El símbolo + indica diferencias significativas ($p < 0,05$).

En la figura 16 pudimos observar que no hubo grandes diferencias en los distintos parámetros analizados sobre las plantas de *Distichlis laxiflora* creciendo en dos ambientes edáficos muy distintos: el bajo salino y el bajo dulce.

Respecto al contenido de materia seca (MS) se vió que no hubo diferencias significativas en los distintos bajos, presentando apenas un 2% más de MS en el bajo dulce a comparación del bajo salino. La diferencia de 2% que se ve en MS presentado en las plantas que crecieron en el bajo salino, podría deberse a un mayor contenido de sales en los tejidos. (Rodríguez Molle 2022). Como se mencionó en la introducción, la salinidad produce dos tipos de estrés en las plantas: el estrés hiperosmótico, y un estrés hiperiónico (Munns 2008) siendo una de las herramientas de defensa del organismo vegetal el reservar sales en distintos órganos para permitir que continúe el flujo de agua dentro de la planta y no se impida el proceso de fotosíntesis.

En FDN tampoco hubo diferencias significativas entre las plantas que crecieron en ambos bajos. Parecería que, aunque las plantas que crecen en el bajo salino lo hacen en una condición mucho más restrictiva (mayor pH, mayor concentración de sales, conductividad más alta) sus paredes celulares no presentarían cambios en su composición debido a estos estreses, por lo que no sería esperable un efecto en el consumo voluntario de los animales al pastorear esta especie en el bajo salino (Mc Donald 2006).



Respecto a FDA se observaron diferencias significativas. El porcentaje de FDA en el bajo dulce fue un 7.12% mayor (38.36%, EE 0,41, $P < 0,05$) comparado con el observado en el bajo salino, igual al 35,81% con un EE 0,41 ($P < 0,05$), por lo que podemos estimar que *Distichlis* creciendo en el bajo salino presentará mayor digestibilidad que las plantas de la misma especie creciendo en el bajo dulce. Para corroborar esta afirmación analizando la fórmula de digestibilidad de Moore (Undersand 2015) $\text{Digestibilidad (\%)} = 103,2 - 0,99 \times \% \text{FDA}$, se observó que las plantas de *Distichlis* creciendo en el bajo salino presentaron 67,75 % de digestibilidad, o sea un 2% más de digestibilidad en comparación a las que se desarrollan en el bajo dulce.

Llamo la atención los altos valores de digestibilidad estimados por ecuación, ya que existen publicaciones en donde *D. spicata* presenta valores de digestibilidad de 52.8 o menores (Hidalgo et al 1988; Bustan et al 2005). Existen publicaciones que hacen referencia a la pérdida de precisión de las ecuaciones al evaluar especies adaptadas a crecer en sitios con altos porcentajes de salinidad debido a las altas concentraciones de sales en el tejido vegetal (cenizas) que, por su solubilidad, contribuyen aparentemente a la digestibilidad (Masters et al., 2007). Esto a su vez sugiere que deberían realizarse determinaciones de digestibilidad *in vitro* o *in vivo* para medir este parámetro con mayor exactitud.

Por otra parte, al analizar el contenido de hemicelulosa, se observaron diferencias significativas entre las plantas: las plantas de *Distichlis l.* creciendo en el bajo salino presentaron un 4.67% más de hemicelulosas que las que crecieron en el bajo dulce (EE 0,36; $p > 0,05$), lo que puede estar relacionado con una mayor digestibilidad potencial de estas plantas al ser pastoreadas (Van Soest 2018).

Los resultados encontrados están de acuerdo con los encontrados por otros autores que describen a *Distichlis* como un forraje con alto contenido de fibra, pero de baja digestibilidad (Escobar Hernández et al., 2005; Brizuela et al. 1990), pero con la capacidad de poder adaptarse a condiciones muy adversas.

De acuerdo con los resultados observados para este grupo de muestras analizadas y recolectadas durante el invierno, pudimos aceptar la primera hipótesis, en lo que respecta al parámetro de FDN (fibra detergente neutro), FDA (fibra detergente acida), y hemicelulosas, ya que *Lotus* presento valores menores a *D. laxiflora* confirmando su gran plasticidad y adaptabilidad para producir forraje de buena calidad en un bajo dulce, con la posibilidad de complementar el aporte que realizaría *Distichlis*.

Por otra parte, se debe rechazar la segunda hipótesis, ya que las plantas de *D. laxiflora* que crecieron en el bajo salino, si bien no presentaron diferencias respecto a MS y FDN, si presentaron menores valores de FDA, por lo que se esperaría una mayor digestibilidad explicado seguramente por el mayor contenido de hemicelulosas encontrado (<4.7%).

Conclusión:

De acuerdo a los resultados de los análisis efectuados sobre el set de muestras relevado, la introducción de la especie *L. tenuis* en la zona de bajos dulces de la Cuenca del Salado podría ser una herramienta muy interesante para las producciones de ganado de cría. Se aprovecharía por una parte la gran producción de materia seca y adaptación de *D. laxiflora* a estas zonas y con el agregado de esta leguminosa se mejoraría el consumo voluntario (menores valores de FDA y buena palatabilidad), y por otra parte aportaría mejor digestibilidad (menor contenido de FDA), un mayor contenido proteico a la ración y



posibilitaría también la mejora del ambiente circundante por la fijación simbiótica de nitrógeno. Sería muy interesante investigar también este efecto con el objetivo de aumentar la cantidad de animales posibles por hectárea (carga por hectárea).

Respecto a los resultados encontrados en la especie *D. laxiflora* creciendo en los bajos salinos y en los dulces, cabe destacar la importancia de esta especie en el bajo salino, ya que si bien es una de las pocas especies que crece en estas zonas, el valor nutritivo en el aporte de MS y FDN es aceptable, aunque, presenten menor aporte de FDA y mayor contenido de hemicelulosas, por lo que presentarían mayor digestibilidad que creciendo en un sitio con muchas menos dificultades como puede ser el bajo dulce.

Se debería seguir profundizando en el estudio de esta especie adaptada a estas zonas para favorecer mayores tasas de crecimiento y cobertura del suelo, mejorando la exploración del perfil y captura de agua y sales con periodos de pastoreo controlados para aprovechar su aporte nutritivo.

Asimismo, es importante destacar el hecho de que la presencia de dos o más especies en un ambiente otorga mayor plasticidad y flexibilidad ante estreses para dar mayores oportunidades a una producción sostenible y sustentable en el tiempo.

Bibliografía:

- Andrés, A., & Rosso, B. (2007). Caracterización de germoplasma de *Lotus glaber* proveniente de la Provincia de Buenos Aires-Argentina. III Taller interdisciplinario: *Lotus y sus simbioses. Chascomús, Buenos Aires, Argentina.*
- Ben-Ghedalia, D., R. Solomon, J. Miron, E. Yosef, Z. Zomberg, et al. 2001. Effect of water salinity on the composition and in vitro digestibility of winter-annual ryegrass grown in the Arava desert. *Anim. Feed Sci. Technol.* 91(3-4): 139-147. doi: 10.1016/S0377-8401(01)00218-8.
- Braidwood, L., C. Breuer, and K. Sugimoto. 2014. My body is a cage: Mechanisms and modulation of plant cell growth. *New Phytol.* doi: 10.1111/nph.12473
- Brett, C. and Waldron K. (1990) Physiology and biochemistry of plant cell walls. Unwin Hyman.
- Burkart, A. 1952. Las Leguminosas Argentinas silvestres y cultivadas. 2 Ed. Acme. Buenos Aires, 569 pp
- Burkart, S. E., León, R. J. C., Perelman, S. B., & Agnusdei, M. (1998). The grasslands of the flooding pampa (Argentina): floristic heterogeneity of natural communities of the southern Río Salado basin. *Coenoses*, 17-27.
- Bustan, A., Pasternak, D., Pirogova, I., Durikov, M., Devries, T. T., El-Meccawi, S., & Degen, A. A. (2005). Evaluation of saltgrass as a fodder crop for livestock. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(12), 2077-2084.
- Caldentey, F., Ressia, M. A., & Borrajo, C. Caracterización de una pastura base alfalfa cultivada en suelos ganaderos de la Cuenca del Salado.
- Cambareri, G. S., Castaño, J., Fernández, O. N., Maceira, N., & Vignolio, O. (2012). *Lotus tenuis*: un recurso forrajero estratégico para la ganadería de la Pampa Deprimida. INTA. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Presidencia de la Nación.



- Castaño, J. (2001). *Pasturas y mezclas más adecuadas para la Cuenca del Salado*. http://www.produccionanimal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_artificiales/43-pasturas_cuenca_del_salado.pdf
- Colabelli M, M., & Minon V, D. (1994). Yield and botanical changes in pure and mixed swards of *Lotus tenuis* under cutting conditions. *Agricultura Técnica (Chile)*.
- Correa OS, Richards RA, Rebetzke GL, Farquhar GD (2004) Breeding for high wáter-use efficiency. *Journal of experimental Botany* 55, 2447-2460.
- Criado, C. A. (2014). *Lotus "Pampa" INTA. Una herramienta de trabajo para los suelos bajos-inundables*. Publicación Técnica INTA. EEA Cuenca del Salado. Ediciones INTA.
- Díaz, P.; Borsani, O.; Monza, J. (2005). Lotus-related species and their agronomic importance. En: Márquez, A. *Lotus japonicus Handbook*. Springer Netherlands, 25-37.
- Escaray, F. J., Menendez, A. B., Garriz, A., Pieckenstain, F. L., Estrella, M. J., Castagno, L. N., ... & Ruiz, O. A. (2012). Ecological and agronomic importance of the plant genus *Lotus*. Its application in grassland sustainability and the amelioration of constrained and contaminated soils. *Plant science*, 182, 121-133.
- Escobar-Hernández, A., Troyo-Diéguez, E., García-Hernández, J. L., Hernández-Contreras, H., Murillo-Amador, B., & López-Aguilar, R. (2005). Potencial forrajero del pasto salado *Distichlis spicata* L.(Greene) en ecosistemas costeros de Baja California Sur, México por el método de componentes principales. *Técnica pecuaria en México*, 43(1), 13-25.
- Fangel, J. U., Ulvskov, P., Knox, J. P., Mikkelsen, M. D., Harholt, J., Popper, Z. A., et al. (2012). Cell wall evolution and diversity. *Front. Plant Sci.* 3:152. doi: 10.3389/fpls.2012.00152.
- García, E., Rambeaud, D. E., Serpa, G. P., & Serrano, P. M. (1994). *Lotus tenuis* Waldst et Kit. Un importante recurso forrajero para la Pampa Deprimida Argentina. Pergamino. Estación Agropecuaria. *Boletín de Divulgación Técnica*, (102), 20.
- García-Calderón, M., Pérez-Delgado, C. M., Palove-Balang, P., Betti, M., & Márquez, A. J. (2020). Flavonoids and isoflavonoids biosynthesis in the model legume *lotus japonicus*; connections to nitrogen metabolism and photorespiration. *Plants*, 9(6), 774.
- Geretto, M. L. (2015). Influencia de las condiciones del estrés salino sobre parámetros de crecimiento de un cultivar tolerante y un cultivar susceptible de *Lotus tenuis* al estado vegetativo: ciclo 2013.
- Hansen, D. J., Dayanandan, P., Kaufman, P. B., & Brotherson, J. D. (1976). Ecological adaptations of salt marsh grass, *Distichlis spicata* (Gramineae), and environmental factors affecting its growth and distribution. *American Journal of Botany*, 63(5), 635-650.
- Hématy, K., Cherk, C. and Somerville, S. (2009). Host-pathogen warfare at the plant cell wall. *Curr. Opin. Plant Biol.* 12(4): 406–13. doi: 10.1016/j.pbi.2009.06.007.
- Hidalgo, L. G., Cauhepe, M. A., & Erni, A. N. (1998). Digestibilidad de materia seca y contenido de proteína bruta en especies de pastizal de la Pampa deprimida, Argentina. *Investigaciones Agrarias: Producción y Sanidad Animal*, 13, 165-177.
- Jacobo, E. y A. Rodríguez, 2009. Valorización de pastizales naturales en ambientes húmedos. Indicadores de sustentabilidad. V Congreso de la Asociación Argentina para el Manejo de los Pastizales Naturales. <http://www.produccion->



animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20naturales/163-Valorizacion.pdf

- Jung, H.G. and K.P. Vogel. 1986. Influence of lignin on digestibility of forage cell wall material. *J. Anim. Sci.* 62:1703–1712.
- Kesten, C., A. Menna, and C. Sánchez-Rodríguez. 2017. Regulation of cellulose synthesis in response to stress. *Curr. Opin. Plant Biol.* 40: 106–113. doi: 10.1016/j.pbi.2017.08.010.
- Kirkbride Jr, J. H. (2006). The Scientific Name of Narrow-Leaf Trefoil. *Crop science*, 46(5), 2169-2170.
- Krauss G-J, Nies D.H (2015) Ecological biochemistry Environmental and Interspecies Interactions Wiley-VCH Verlag GmbH & Co KGaA, Boscstr.12, 69469 Weinham, Germany ISBN: 978-3-527-31650-2
- Le Gall H, Philippe F, Domon JM, Gillet F, Pelloux J, Rayon C. (2015) Cell Wall Metabolism in Response to Abiotic Stress. *Plants (Basel)*. 2015 Feb 16;4(1): 112-66.doi: 10.3390/plants4010112.
- López Soto, M. M., Koch, S. D., Flores-Cruz, M., & Engleman, E. M. (2009). Anatomía comparada de la lámina foliar del género *Distichlis* (Poaceae). *Acta botánica mexicana*, (89), 1-23.
- Maguire, V., Campestre, M. P., Antonelli, C., & Ruiz, O. A. (2020). El mejoramiento de especies forrajeras del género *Lotus* spp y su importancia económica y ambiental en los pastizales de la pampa deprimida del salado.
- Masters, D. G., Norman, H. C., & Dynes, R. A. (2001). Opportunities and limitations for animal production from saline land. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*, 14(SPI), 199-211.
- Matteucci, S. (2012). Ecorregión Pampa. *Ecorregiones y Complejos Ecosistémicos Argentinos*, 752.
- McDonald, P., R.A. Edwards, J.F.D. Greenhalgh, and C.. Morgan. 2006. *Nutrición animal* 6° ed.
- Miñón, D.P. et al., 1990. *Lotus tenuis*: Leguminosa Forrajera para la Pampa Deprimida. Boletín técnico EEA INTA Balcarce, 98, p.15.
- Montes, L. (1988). *Lotus tenuis*. *Revista Argentina de Producción Animal*, 8(367), 76.
- Munns, R. (1993). Physiological processes limiting plant growth in saline soils: some dogmas and hypotheses. *Plant, Cell & Environment*, 16(1), 15-24.
- Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 59, 651-681.
- NICORA, E. G. (1978). Flora Patagónica Parte III Gramíneas, Dirigida por Correa, M.N.: 493-500 INTA, Colección Científica del INTA
- Obata, T., Fernie A.R. (2012) The use of metabolomics to dissect plant responses to abiotic stresses. *Cellular and molecular life sciences: CMLS* 69:3225–43. [online] URL: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3437017&tool=pmcentrez&rendertype=abstract> (accessed 30 January 2013).
- Pearlstein, S. L., Felger, R. S., Glenn, E. P., Harrington, J., Al-Ghanem, K. A., & Nelson, S. G. (2012). Nipa (*Distichlis palmeri*): A perennial grain crop for saltwater irrigation. *Journal of Arid Environments*, 82, 60-70. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2012.02.009>
- Pelliza, A., Borrelli, L., & Bonvissuto, G. (2005). El pasto Salado (*Distichlis* spp.) en



- la Patagonia: una forrajera adaptada a la aridez ya la salinidad. *Facultad de Ciencias Agropecuarias. Rev. Ci. Agropecuaria*, 9(2), 119-131.
- Plett D.C., Moller I.S. (2010) Na⁺ transport in glycophytic plants: what we know and would like to know. *Plant, Cell and Enviroment*, 33, 612-626.
 - Ramirez Orduña, R., Ramirez Lozano, R.G., Lopez Gutierrez F. (2002) Factores estructurales de la pared celular del forraje que afectan su digestibilidad. *Ciencia UANLV*.
 - Sala, O. E. (1988). The effect of herbivory on vegetation structure. *Plant form and vegetation structure*, 317-330.
 - Sala, O. E., Oesterheld, M., León, R. J. C., & Soriano, A. N. D. A. (1986). Grazing effects upon plant community structure in subhumid grasslands of Argentina. *Vegetatio*, 67, 27-32.
 - Sánchez, E.; Arriaga, M. y Panarello, H.O. (1986). Ausencia de caracteres C4 (Kranz) en especies de *Centaurea* L. (Asteraceae) de la flora Argentina. I. *Parodiana* 4(2): 221-228
 - Siffredi, G., Sarmiento, A., & Moricz, E. (1981). Aplicación de la fenología al manejo de los pastizales naturales. *Memoria Técnica EEA INTA Bariloche*, 1981, 52-56.
 - Striker, G. G., Manzur, M. E., & Grimoldi, A. A. (2011). Increasing defoliation frequency constrains regrowth of the forage legume *Lotus tenuis* under flooding. The role of crown reserves. *Plant and Soil*, 343(1), 261-272
 - Somerville C., Bauer S., Brininstool G., Facette M., Hamann T., Milne J., Osborne E., Paredes A., Persson S., Raab T., Vorwerk S., Youngs H. (2004) Toward a systems approach to understanding plant cell walls. *Science* (New York, NY) 306:2206–11. [online] URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15618507> (accessed 10 March 2013).
 - Somlo, R., Bonvissuto, G., Sbriller, A., Bonino, N., & Moricz, E. (1994). La influencia de la condición del pastizal sobre la dieta estacional de los herbívoros y el pastoreo múltiple, en sierras y mesetas occidentales de Patagonia.
 - Strittmatter, C. D., Ricco, R. A., Kade, M., Wagner, M. L., & Gurni, A. A. (1994). Condensed tannins in *Lotus tenuis*. *Lotus Newsletter*, 25, 41-44.
 - Vago, M. E., Jaurena, G., Estevez, J. M., Castro, M. A., Zavala, J. A., & Ciancia, M. (2021). *Plant Physiology and Biochemistry*, 166, 405-415.
 - Vago, M.E. Influencia del estrés abiótico y biótico sobre la composición de la pared celular de *Lotus tenuis*. Escuela para graduados Jorge Soriano FAUBA Tesis Doctoral 2019; 164
 - Van Soest P.J. (1994) *Nutritional ecology of the ruminant* (C.P. Associates, Ed.), 2nd edn. Cornell University Press, Ithaca, NY.
 - Van Soest, P. J. (2018). *Nutritional ecology of the ruminant*. Cornell university press.
 - Van Soest, P. V., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of dairy science*, 74(10), 3583-3597.
 - Vignolio, O. R., Maceira, N. O., & Fernández, O. N. (1994). Efectos del anegamiento en invierno y verano sobre el crecimiento y la supervivencia de *Lotus tenuis* y *Lotus corniculatus*. *Ecología Austral*, 4(1), 019-028.
 - Vignolio, O., Cambareri, G., & Maceira, N. (2013). *Lotus tenuis* (Fabaceae). Productividad y manejo agronómico. *Revista Argentina de Producción Animal*, 30(1), 97-116.



- Vignolo, O.R. y Fernandez, O.N., 2006. Bioecología de *Lotus glaber* Mill. (Fabaceae) en la Pampa Deprimida (provincia de Buenos Aires, Argentina). *Revista Argentina de Producción Animal* 26: 113-130
- Wilson, J. R., & Hatfield, R. D. (1997). Structural and chemical changes of cell wall types during stem development: consequences for fibre degradation by rumen microflora. *Australian journal of agricultural research*, 48(2), 165-180.

Anexos:

Medidas resumen

Sitio	Especie	Variable	n	Media	D.E.	CV	Mín	Máx
Dulce	<i>Distichlis</i> sp.	MS	3	84,92	0,77	0,91	84,05	85,52
Dulce	<i>Distichlis</i> sp.	FDN	3	76,68	1,04	1,36	75,72	77,79
Dulce	<i>Distichlis</i> sp.	FDA	3	38,36	0,40	1,04	37,91	38,66
Dulce	<i>Distichlis</i> sp.	Hemicelulosa	3	38,32	0,83	2,16	37,81	39,27
Dulce	<i>Lotus tenuis</i>	MS	3	24,07	2,36	9,78	21,71	26,42
Dulce	<i>Lotus tenuis</i>	FDN	3	33,63	3,12	9,29	30,85	37,01
Dulce	<i>Lotus tenuis</i>	FDA	3	22,60	3,90	17,26	19,74	27,04
Dulce	<i>Lotus tenuis</i>	Hemicelulosa	3	11,03	1,96	17,72	9,84	13,29
Salino	<i>Distichlis</i> sp.	MS	3	82,79	2,74	3,31	81,00	85,95
Salino	<i>Distichlis</i> sp.	FDN	3	76,01	1,26	1,65	75,01	77,42
Salino	<i>Distichlis</i> sp.	FDA	3	35,81	0,93	2,60	35,12	36,87
Salino	<i>Distichlis</i> sp.	Hemicelulosa	3	40,20	0,33	0,83	39,89	40,55

Shapiro-Wilks (modificado)

Especie	Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
<i>Distichlis</i> sp.	RDUO MS	3	0,00	0,77	0,90	0,3970
<i>Distichlis</i> sp.	RDUO FDN	3	0,00	1,04	0,98	0,7591
<i>Distichlis</i> sp.	RDUO FDA	3	0,00	0,40	0,88	0,3335
<i>Distichlis</i> sp.	RDUO Hemicelulosa	3	0,00	0,83	0,78	0,0696
<i>Lotus tenuis</i>	RDUO MS	3	0,00	2,36	1,00	0,9921
<i>Lotus tenuis</i>	RDUO FDN	3	0,00	3,12	0,97	0,6789
<i>Lotus tenuis</i>	RDUO FDA	3	0,00	3,90	0,88	0,3139
<i>Lotus tenuis</i>	RDUO Hemicelulosa	3	0,00	1,96	0,78	0,0628

C:\Users\usuario\Desktop\TABLA RESULTADO INFOTAT.IDB2 : 9/8/2022 - 09:52:08 -
[Versión : 30/4/2020]

Análisis de la varianza

MS

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MS	6	1,00	1,00	3,22

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo		5554,69		1	5554,69
Especie		5554,69		1	5554,69
Error	12,29	4	3,07		
Total	5566,98		5		

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=3,97324

Error: 3,0719 gl: 4

Especie	Medias	n	E.E.
Lotus tenuis	24,07	3	1,01
Distichlis sp.	84,92	3	1,01

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**FDN**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
FDN	6	0,99	0,99	4,22

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo		2779,95		1	2779,95
Especie		2779,95		1	2779,95
Error	21,69	4	5,42		
Total	2801,64		5		

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=5,27877

Error: 5,4223 gl: 4

Especie	Medias	n	E.E.
Lotus tenuis	33,63	3	1,34
Distichlis sp.	76,68	3	1,34

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**FDA**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
FDA	6	0,92	0,90	9,09

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

Lujan David José

"Comparación del aporte nutritivo de *Lotus tenuis* y *Distichlis laxiflora* creciendo en bajos dulces y bajos salinos de la Cuenca del Salado en temporada invernal"

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo		372,88	1	372,88	48,52
Especie		372,88	1	372,88	48,52
Error	30,74	4	7,68		
Total	403,62	5			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=6,28435

Error: 7,6848 gl: 4

Especie	Medias	n	E.E.
<i>Lotus tenuis</i>	22,60	3	1,60
<i>Distichlis sp.</i>	38,36	3	1,60

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Hemicelulosa

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Hemicelulosa	6	0,99	0,99	6,08

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo		1116,57	1	1116,57	495,57 <0,0001
Especie		1116,57	1	1116,57	495,57 <0,0001
Error	9,01	4	2,25		
Total	1125,58	5			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=3,40277

Error: 2,2531 gl: 4

Especie	Medias	n	E.E.
<i>Lotus tenuis</i>	11,03	3	0,87
<i>Distichlis sp.</i>	38,32	3	0,87

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Distichlis:

Lujan David José

"Comparación del aporte nutritivo de *Lotus tenuis* y *Distichlis laxiflora* creciendo en bajos dulces y bajos salinos de la Cuenca del Salado en temporada invernal"

Medidas resumen

Sitio	Variable	n	Media	D.E.	CV	Min	Máx
Dulce	MS	3	84,92	0,77	0,91	84,05	85,52
Dulce	FDN	3	76,68	1,04	1,36	75,72	77,79
Dulce	FDA	3	38,36	0,40	1,04	37,91	38,66
Dulce	Hemicelulosa	3	38,32	0,83	2,16	37,81	39,27
Salino	MS	3	82,79	2,74	3,31	81,00	85,95
Salino	FDN	3	76,01	1,26	1,65	75,01	77,42
Salino	FDA	3	35,81	0,93	2,60	35,12	36,87
Salino	Hemicelulosa	3	40,20	0,33	0,83	39,89	40,55

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO MS	6	0,00	1,80	0,90	0,4615
RDUO FDN	6	0,00	1,03	0,84	0,1753
RDUO FDA	6	0,00	0,64	0,93	0,6193
RDUO Hemicelulosa	6	0,00	0,56	0,88	0,3113

C:\Users\usuario\Desktop\TABLA RESULTADO INFOSTAT.IDB2 : 9/8/2022 - 09:57:08 -
[Versión : 30/4/2020]

Análisis de la varianza

MS

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MS	6	0,30	0,12	2,40

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6,81	1	6,81	1,68	0,2650
Sitio	6,81	1	6,81	1,68	0,2650
Error	16,23	4	4,06		
Total	23,04	5			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=4,56702

Error: 4,0586 gl: 4

Sitio	Medias	n	E.E.
Salino	82,79	3	1,16
Dulce	84,92	3	1,16

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

FDN

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
FDN	6	0,11	0,00	1,51

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo		0,67	1	0,67	0,51	0,5165
Sitio	0,67	1	0,67	0,51	0,5165	
Error	5,33	4	1,33			
Total	6.01	5				

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=2,61743

Error: 1,3331 gl: 4

Sitio	Medias	n	E.E.
Salino	76,01	3	0,67 A
Dulce	76,68	3	0,67 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**FDA**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
FDA	6	0,83	0,78	1,93

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo		9,75	1	9,75	19,06	0,0120
Sitio	9,75	1	9,75	19,06	0,0120	
Error	2,05	4	0,51			
Total	11,80	5				

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,62184

Error: 0,5118 gl: 4

Sitio	Medias	n	E.E.
Salino	35,81	3	0,41 A
Dulce	38,36	3	0,41 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)**Hemicelulosa**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Hemicelulosa	6	0,77	0,71	1,60

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo		5,30	1	5,30	13,37 0,0216
Sitio	5,30	1	5,30	13,37	0,0216
Error	1,59	4	0,40		
Total	6,89	5			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=1,42752

Error: 0,3965 gl: 4

Sitio	Medias	n	E.E.
Dulce	38,32	3	0,36 A
Salino	40,20	3	0,36 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)